

砂の強度定数 ϕ_{cv}

ハ 戸 工 大 正 眞 諸 戸 靖 史

土の強度定数にはいろいろある。いろいろな条件の下におけるそれらの定数の求め方は土質の教科書にでている。本文では、砂やレキのような粒状土質材料の強度定数 ϕ_{cv} をとりあつかう。この ϕ_{cv} はせん断変形が大きくなり等体積で破壊が生じている状態において定義される強度定数である。

$$\sin \phi_{cv} = \left(\frac{\sigma'_1 - \sigma'_3}{\sigma'_1 + \sigma'_3} \right)_{cv} \quad \text{下つき文字 } cv \text{ は等体積 (constant volume) を示す。} \quad (1)$$

よく知られているように、砂やレキの強度は単に粒子間の摩擦によるものだけではない。たとえば、石英砂のようなものでは粒子間摩擦角が $\phi_{\mu} = 26^\circ$ であったとしても応力・ヒズミ曲線のピークの英から求められる最大せん断抵抗角 ϕ_{max} は $30^\circ \sim 50^\circ$ のような変化をする。これは、 ϕ_{max} には次の要因が寄与しているからである。(1) 粒子間摩擦 (2) 粒子の入り混りや再配列 (3) タイレイタンシー である。 ϕ_{cv} は粒子間摩擦と粒子の入り混りや再配列状態で定まる材料定数とも考えられている。 ϕ_{max} は小さいヒズミの下における破壊を対象に用いられる。通常、せん断抵抗角 (内部摩擦角) ϕ というのは ϕ_{max} のことである。一方、 ϕ_{cv} の方はヒズミが大きい場合に対して採用されるべきものである。また、砂と接する壁面の粗滑によっても選択する強度定数は異ってくるべきものである。

ϕ_{μ} と ϕ_{cv} は従来から関係づけて研究されている。またその関係は有用である。カコー (Cagnot, 1934) は理論的に

$$\tan \phi_{cv} = \frac{\pi}{2} \cdot \tan \phi_{\mu} \quad (2)$$

を導いた。また ビショップ (Bishop, 1954) は三軸圧縮試験に対して

$$\sin \phi_{cv} = \frac{15 \tan \phi_{\mu}}{10 + 3 \tan \phi_{\mu}} \quad (3)$$

を与えている。その他にもある。これらの式は間接比を含んでいない。ホーン (Horne) は未発表の式をもっているようであるが、我々の目には届いていない。筆者はエネルギー式と応力・タイレイタンシー式を用いて次のような $\phi_{cv} - \phi_{\mu}$ 関係式を導いた (諸戸, 1980)

$$\sin \phi_{cv} = \frac{\tan \phi_{\mu}}{\tan \phi_{\mu} + Q} \quad (Q, \text{定数}) \quad (4)$$

この式において、今までに報告されている ϕ_{μ} と ϕ_{cv} の値を用いて Q の値を求めてみると $Q \div 0.4$ 程度であることが分った。計算の例を表-1 に示した。 $Q=0.4$ として式(4)を用いて $\phi_{cv} - \phi_{\mu}$ 関係曲線を書いたのが図-1である。式(4)で表わされている関係は、他の諸式よりもホーン (Horne, 1969) が引用しているデータを一番良く近似しているようである。

表-1			Q の 値
1. 長石砂 $\phi_{\mu} = 36^\circ$	$\phi_{cv} = 41^\circ$	$Q = 0.38$	1 ~ 3 は Rowe (1969) の文献に引用されている ϕ_{μ} と ϕ_{cv}
2. 石英砂 26°	32°	0.43	4 ~ 6 は Barden (1969) の文献に引用されている ϕ_{μ} と ϕ_{cv}
3. ガラス玉 17°	24°	0.45	の値を用いて Q を計算したものである。
4. 黄銅玉 20°	27°	0.44	
5. 川 砂 28°	35°	0.40	
6. 長石砂 37°	42°	0.37	

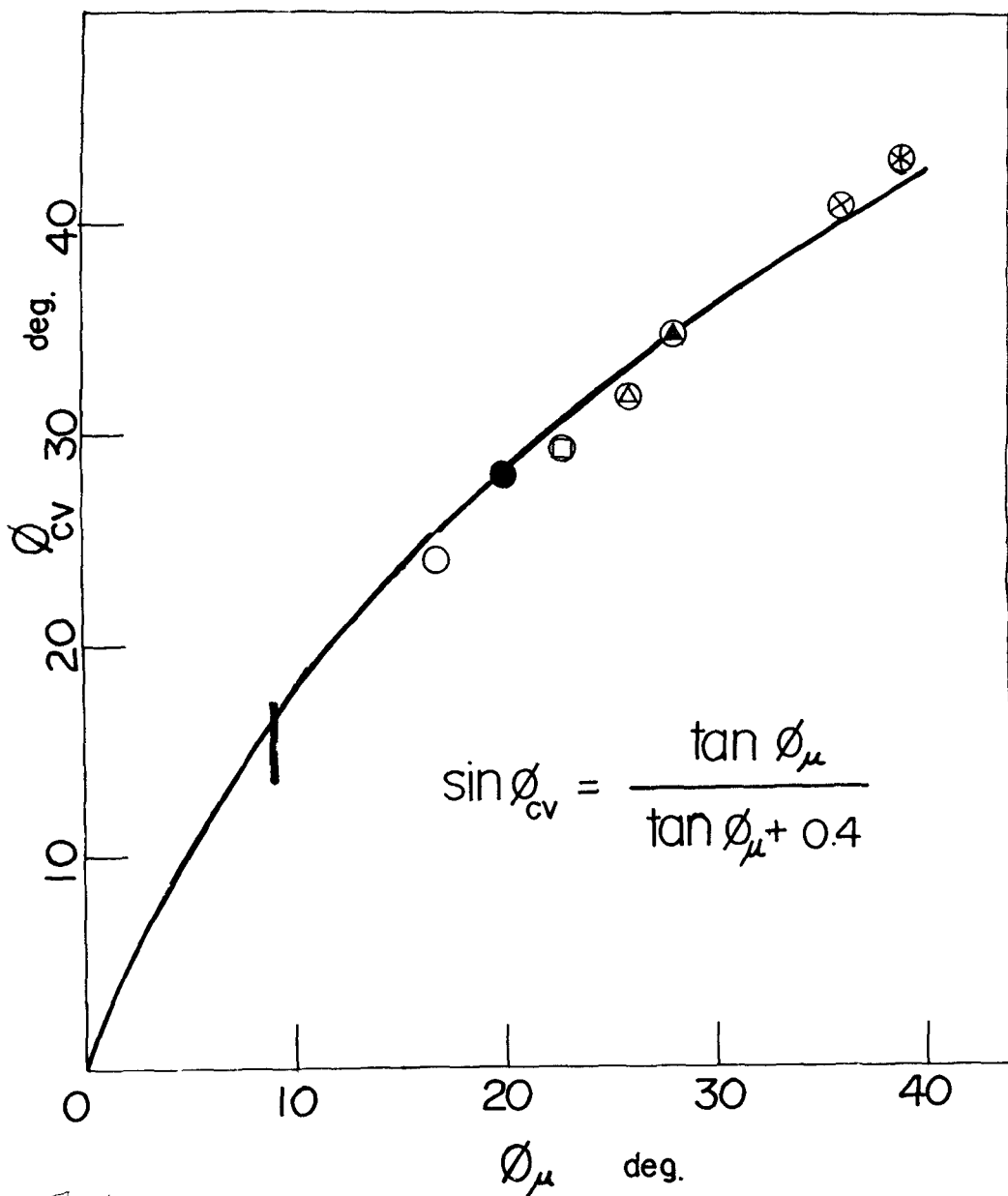


図-1

Bishop (1954) Correspondence, *Geotechnique*, 4 pp 43-45

Horne (1969) "The behaviour of assembly of rotund, rigid, cohesionless particles,"
Proc. Royal Society of London, Series A, 310, pp 21-34

諸戸 (1980) 土質工学研究発表会に投稿予定